Ein Beitrag zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Ägypten und dem ägyptischen Sudan

von

Siegfried Strakosch.

(Mit 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. November 1908.)

Eine landwirtschaftliche Studienreise führte mich in den Wintermonaten des Jahres 1908 durch Ägypten nach dem ägyptischen Sudan. Die Wichtigkeit, die dem Faktor Licht für die Lebensprozesse aller Pflanzen und demnach auch den landwirtschaftlich benützten Kulturpflanzen zukommt, ließ lichtklimatische Beobachtungen bei diesem Anlaß um so erwünschter erscheinen, als Afrika in diesem Sinne noch wenig erforscht ist. Über das Lichtklima von Kairo liegen Untersuchungen Wiesner's vor,[1] über das Lichtklima von Oberägypten und vom ägyptischen Sudan noch gar keine.

Jahrelange Übungen im Messen der chemischen Lichtintensität am pflanzenphysiologischen Institut der Wiener Universität, eigene Arbeiten über den Einfluß des Lichtes auf die Entwicklung der Zuckerrübe in Hohenau hatten mich mit der Methode meines hochverehrten Lehrers Wiesner längst recht vertraut gemacht. Nun glaubte ich, zu lichtklimatischen Aufnahmen in den bereisten Gebieten um so mehr berufen zu sein, als es mir auch vergönnt gewesen war, Hofrat Prof.

---

[1] J. Wiesner, Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg. Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. LXIV.

Wiesner auf seiner Reise durch Nordamerika im Jahre 1904 begleiten und bei seinen lichtklimatischen Arbeiten assistieren zu dürfen.

Als Hauptaufgabe meiner Beobachtungen betrachtete ich die Herbeischaffung empirischen Materials zur Kenntnis der chemischen Lichtintensität und deren Tageskurven. Denn bezüglich dieser hat ja schon Pernter[1] dargelegt, daß sie sich ebensowenig als eine einfache Funktion der Sonnenhöhe darstellen lassen als die Kurven des täglichen Temperaturganges. »Wie bezüglich der Temperatur wird auch rücksichtlich der chemischen Intensität des Lichtes das Gesetz der Verteilung auf der Erde erst durch das Experiment gefunden werden können.«

Entsprechend dem gesteckten Ziele wurden die täglichen Beobachtungszeiten möglichst gleichmäßig eingehalten, die Messungen stündlich, gewöhnlich von 8^h früh bis 4^h nachmittags vorgenommen. Es schien mir von Wichtigkeit, die Beobachtungen an den verschiedenen Orten zeitlich einander so viel als möglich näherzurücken. Deshalb erfolgten die Beobachtungen von Khartum an bis Kairo auf der Rückreise, die tunlichst beschleunigt und nur zum Zwecke der Lichtmessungen an einigen Beobachtungsorten unterbrochen wurde.

Die angewandte photometrische Methode ist dieselbe, welche Bunsen und Roscoe in ihren »Meteorologischen Lichtmessungen«[2] beschrieben, jedoch in der Vereinfachung, die Wiesner für physiologische Zwecke ersonnen hat.[3] Beobachtungen nach dieser Methode sind nach den Feststellungen dieses Forschers mit einer Fehlermöglichkeit von ± 4 bis 5% behaftet, was für klimatologische Zwecke wohl als ausreichend anzusehen ist.

---

[1] Zeitschrift der österr. Gesellsch. für Meteorologie, Bd. XIV (1879), p. 409.

[2] Bunsen und Roscoe, Photometrische Untersuchungen. VI. Abhandlung. Meteorologische Lichtmessungen. Poggendorff's Annalen, Bd. 117 (1862), p. 529 ff.

[3] Wiesner, Photometrische Untersuchungen etc. Diese Sitzungsberichte, Bd. CII (1893), Abt. I, und Bd. CIV (1895), dann Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd LXIV.

Die in den folgenden Tabellen enthaltenen chemischen Intensitäten des gesamten Tageslichtes sind von folgenden Daten begleitet:

1. der Beobachtungszeit, wobei stets die mittlere Ortszeit zu verstehen ist;

2. dem Grade der Himmelsbedeckung (Bewölkung); dafür wurde die allgemein übliche Skala von 0 (wolkenlos) bis 10 (vollständig bedeckter Himmel) verwendet;

3. der Sichtbarkeit der Sonnenscheibe *(S)*, wie bei Wiesner durch die Zahlen von 0 (ganz unsichtbar) bis 4 (ganz wolkenfrei) ausgedrückt;

4. der Sonnenhöhe, in Graden und Minuten ausgedrückt.

Beobachtungen.

Khartum (Sudan).

$\lambda = 1^h\, 5^m\!.4$ E von Wien, Breite $\varphi = 15°\, 37'$ N

(nach Ritter's Geogr. Lexikon).

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
15. Februar 1908				
8^h a. m.	0	*S* 4	27° 13'	0·257
9	0	*S* 4	39 56	0·357
10	0	*S* 4	51 10	0·663
11	0	*S* 4	59 9	0·773
12	0	*S* 4	61 7	0·928
1	0	*S* 4	56 0	0·773
2	0	*S* 4	46 11	0·580
3	0	*S* 4	34 7	0·515
16. Februar 1908				
$8^h\, 20^m$ a. m.	0	*S* 4	31° 44'	0·331
9	0	*S* 4	40 8	0·464
10	0	*S* 4	51 24	0·663
11	0	*S* 4	59 27	0·773
12	0	*S* 4	61 27	0·928
1	0	*S* 4	56 16	0·773
2	0	*S* 4	46 24	0·619
3	0	*S* 4	34 18	0·580
4	0	*S* 4	21 8	9·386

Assuan (Oberägypten).

$\lambda = 1^h\, 6^m$ E von Wien, Breite $\varphi = 24° \, 5' \, 23''$ N
(Gehler, Phys. Wörterbuch).

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
22. Februar 1908				
8^h a. m.	0	*S* 4	19° 0'	0·290
9	0	*S* 4	31 19	0·421
10	0	*S* 4	42 20	0·515
11	0	*S* 4	50 54	0·663
12	0	*S* 4	55 8	0·773
1	0	*S* 4	53 30	0·663
2	0	*S* 4	46 41	0·546
3	0	*S* 4	36 37	0·386
4	0	*S* 4	24 48	0·257
23. Februar 1908				
$8^h\, 10^m$ a. m.	1 ganz zarte, weiße Wölkchen unterhalb der Sonnenscheibe	*S* 4	21° 26'	0·273
9	1	*S* 4	31 34	0·441
10	1	*S* 4	42 38	0·515
11	0	*S* 4	51 15	0·619
12	0	*S* 4	55 30	0·773
1	0	*S* 4	53 51	0·663
2	0	*S* 4	46 57	0·580
3	0	*S* 4	36 50	0·386

Luxor (Oberägypten).

$\lambda = 1^h\,5^m$ E von Wien, Breite $\varphi = 25°\,41'\,31''$ N
(Gehler, Phys. Wörterbuch).

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
25. Februar 1908				
8h a. m.	1 ganz feine, weiße Wölkchen	*S* 4	19° 4'	0·290
9	ebenso	*S* 4	31 15	0·464
10	ebenso	*S* 4	42 7	0·515
11	0	*S* 4	50 31	0·711
12	0	*S* 4	54 39	0·773
1	0	*S* 4	53 1	0·663
2	0	*S* 4	46 17	0·580
3	0	*S* 4	36 20	0·421
26. Februar 1908				
8h a. m.	0	*S* 4	19° 18'	0·290
9	0	*S* 4	31 31	0·441
10	0	*S* 4	42 25	0·515
11	0	*S* 4	50 52	0·663
12	0	*S* 4	55 1	0·773
1	0	*S* 4	53 21	0·619
2	0	*S* 4	46 33	0·580
3	0	*S* 4	36 34	0·421
4	0	*S* 4	24 49	0·244
27. Februar 1908				
8h a. m.	0	*S* 4	19° 32'	0·290
9	0	*S* 4	31 47	0·464
10	0	*S* 4	42 44	0·546
11	0	*S* 4	51 14	0·711
12	0	*S* 4	55 24	0·773
1	0	*S* 4	53 42	0·663
2	0	*S* 4	46 50	0·580
3	0	*S* 4	36 46	0·441

Kairo (Unterägypten).

$\lambda = 0^h\ 59^m\ 31^s$ E von Wien, Breite $\varphi = 30°\ 2!1$ N
(Gehler, Phys. Wörterbuch).

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
29. Februar 1908				
8^h a. m.	0 keine Wolken, aber Dunst, der Himmel düster blau	*S* 4	18° 28'	0·232
9	ebenso	*S* 4	30 6	0·331
10	0	*S* 4	40 21	0·464
11	0	*S* 4	48 7	0·546
12	0	*S* 4	51 49	0·773
1	0	*S* 4	50 17	0·663
2	0	*S* 4	44 3	0·580
3	0	*S* 4	34 41	0·412
4	0	*S* 4	23 32	0·211
1. März 1908				
8^h a. m.	0 keine Wolken, aber starker Dunst, Himmel düster blau	*S* 4	18° 43'	0·193
9	ebenso	*S* 4	30 24	0·232
10	1 weiße kleine Wölkchen	*S* 4	40 40	0·464
11	2 ebenso, etwas mehr	*S* 4	48 29	0·546
12	2	*S* 4	52 12	0·773
1	5 dunkle Wolken in großer Zahl	*S* 4	50 38	0·711
2	5	*S* 4	44 20	0·619
3	5	*S* 4	34 55	0·464
4	5	*S* 4	23 44	0·244

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
		2. März 1908		
8h a. m.	0 etwas dunstig	S 4	18° 59'	0·178
9	0	S 4	30 41	0·319
10	1 feine weiße Wölkchen, verstreut am ganzen Horizont	S 4	41 0	0·441
11	1 dasselbe	S 4	48 51	0·619
12	1 dasselbe	S 4	52 35	0·773
1	1 dasselbe	S 4	50 59	0·663
2	1 dasselbe	S 4	44 38	0·580
3	1 dasselbe	S 4	35 9	0·421
4	1 dasselbe	S 4	23 56	0·211
		3. März 1908		
8h a. m.	0	S 4	19° 15'	0·202
9	0	S 4	30 58	0·309
10	0	S 4	41 20	0·515
11	0	S 4	49 13	0·580
12	1 ganz wenig feine, weiße Wölkchen	S 4	52 58	0·773
1	0	S 4	51 20	0·663
2	0	S 4	44 55	0·580
3	0	S 4	35 23	0·421
4	0	S 4	24 7	0·215

Obwohl es mir fern liegt, aus den vorstehenden Beobachtungen allgemeine und weitgehende Schlüsse ziehen zu wollen, möge doch in diesem bescheidenen Beitrag zur Kenntnis des Lichtklimas von Ägypten und vom ägyptischen Sudan auf einige Tatsachen hingewiesen werden, die beachtenswert zu sein scheinen. Sie treten klarer hervor, als der geringen Anzahl der Beobachtungen entspräche, weil fast alle Messungen bei vollkommen unbedeckter Sonnenscheibe und bei nahezu wolkenlosem Himmel erfolgten. Das sind aber Umstände von großer Wichtigkeit. Bei klarem Himmel, bei unbedeckter Sonne verläuft, wie vielfach nachgewiesen wurde, die Intensitätskurve

des Lichtes im Verhältnis zur Sonnenhöhe so regelmäßig, daß man, wie Schwab[1] meint, versucht wäre, eine empirische Regel dafür aufzustellen. Deshalb geben solche Beobachtungen wohl noch lange keinen Überblick über den Verlauf des Lichtklimas, über alle die vorübergehenden Störungen im gewöhnlichen Gange der Intensitätskurve, welche durch wechselnde Bewölkung und andere Faktoren hervorgerufen werden, aber sie sind ein brauchbares Material, um die relative Lichtintensität verschiedener Orte bei unbedeckter Sonnenscheibe und unter Berücksichtigung der Sonnenhöhe zu vergleichen. Einen Beweis dafür und für die Genauigkeit der angewandten Methode kann man darin erblicken, daß Wiesner im Jahre 1894 bei gleicher Sonnenhöhe unter denselben Bedingungen in Kairo nahezu dieselben Lichtintensitäten gefunden hat, als meine Beobachtungen vier Jahre später ergaben. Die Trockenheit des afrikanischen Klimas ist der Exaktheit der Bestimmungen überdies besonders günstig.

Die Resultate meiner Aufnahmen lehren zunächst, daß die chemische Intensität des Lichtes in den Beobachtungsgebieten nicht im selben Verhältnis zur Sonnenhöhe steigt und fällt als in unseren Breiten. Schwab,[2] der die in Kremsmünster bei gleicher Sonnenhöhe gefundenen Werte der chemischen Lichtintensitäten ohne Rücksicht auf die Tages- oder Jahreszeiten, in denen die Messung stattfand, zu einem Mittel vereinigte, erhielt im Durchschnitt mehrerer Jahre:

Sonnenhöhe	Intensität bei vollem Sonnenschein
15°	0·156
20	0·210
25	0·230
30	0·372
35	0·490
40	0·615
45	0·750

[1] P. Franz Schwab, Über das photochem. Klima von Kremsmünster. Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. LXXIV, p. 18.

[2] A. a. O., p. 18.

Sonnenhöhe	Intensität bei vollem Sonnenschein
50°	0·890
55	1·028
60	1·170
65	1·350

Dagegen zeigen meine Beobachtungen beispielsweise:

Sonnenhöhe		Intensität bei vollem Sonnenschein
Kairo, 29. Februar:		
18°	28′	0·232
30	6	0·331
40	21	0·464
48	7	0·546
51	49	0·773
50	17	0·663
44	3	0·580
34	41	0·412
Luxor, 25. Februar:		
19°	4′	0·290
31	15	0·464
42	7	0·515
50	31	0·711
54	39	0·773
53	1	0·663
46	17	0·580
36	20	0·420
Khartum, 16. Februar:		
28°	56′	0·331
38	21	0·464
51	54	0·663
63	58	0·773
71	18	0·928
68	25	0·773
57	57	0·619
44	56	0·580
31	1	0·386

Wie bei allen bisherigen lichtklimatischen Beobachtungen zeigt sich auch hier manche Unregelmäßigkeit in bezug auf das Verhältnis der chemischen Lichtintensität zur Sonnenhöhe, deren Ursachen man wohl in Zuständen der Atmosphäre zu suchen hat, die sich der Beobachtung entziehen. Aber man sieht dennoch deutlich, daß *den gleichen Sonnenhöhen niedrigere Intensitätswerte entsprechen.*

Dieses Ergebnis konnte nicht überraschen, weil auch *Wiesner* bei unbedeckt erscheinendem Himmel und bei gleicher Sonnenhöhe die Lichtintensitäten in Kairo kleiner als in Wien fand. Der genannte Forscher hielt es, ohne in Abrede zu stellen, daß dabei auch andere Momente im Spiele sein könnten, für möglich, daß dies zum Teil auf die dort geringe Regenhäufigkeit und Regenstärke zurückzuführen sei. Je öfter und je reichlicher der Regen niederfällt, desto mehr wird die Luft von festen in ihr suspendierten Teilen befreit und desto größer muß die Lichtintensität sein. Diese Erklärung wird jedem besonders glaubhaft erscheinen, der die enormen Staub- und Sandmengen kennen gelernt hat, mit welchen die angrenzenden Wüsten die ägyptische Atmosphäre erfüllen. Sie gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch die Beobachtung einer starken Mittagsdepression am 7. März 1894 zu Helouan und gleichzeitig im kleinen versteinerten Walde bei Kairo. *Wiesner* machte dabei die Wahrnehmung, daß zur Zeit der Depression der Himmel, obgleich völlig oder doch im Bereich der Sonne wolkenfrei und sonst auch klar erscheinend, ein düsteres Blau angenommen hatte. Solche Mittagsdepressionen konnte ich nicht wahrnehmen, hingegen am 1. und 2. Februar ähnliche Erscheinungen in den Morgenstunden.

Am 29. Februar beobachtete ich um	8^h	Lichtintensität	0·232,
»	9^h	»	0·331.
1. März » » »	8^h	»	0·193,
»	9^h	»	0·232.
« 2. » » » »	8^h	»	0·178,
»	9^h	»	0·319.

Die Depression am 1. März um 8 und 9^h und am 2. März um 8^h gingen ebenfalls bei anscheinend klarem Himmel, unbedeckter Sonne und düsterblauem Himmel vor sich. Dafür, daß solche Trübungen durch aufsteigende Staubteilchen hervorgerufen werden, scheint zu sprechen, daß auch Fr. Exner's Messungen des elektrischen Potentialgefälles[1] in Oberägypten ähnliche Erscheinungen nachgewiesen haben.

Nach der Theorie Lord Rayleigh's[2] wird das Himmelblau durch die kleinsten in der Atmosphäre suspendierten Teilchen erzeugt, welche das blaue Licht am kräftigsten zerstreuen und wieder reflektieren und so den Lichteindruck der Himmelsbläue erzeugen. Die große Zahl dieser Teilchen in der Atmosphäre zur Zeit der Depressionen in Ägypten könnte die beobachtete düstere Färbung des Himmels erklären. Für das vorübergehende der Depressionserscheinungen gibt es dabei naheliegende Erklärungsgründe genug. Die in der Luft suspendierten festen Teile als Ursache der geringen relativen Lichtintensitäten Ägyptens und des Sudans würden es auch erklären, daß Wiesner in Buitenzorg (auf Java, $\varphi = -6° 18'$) wesentlich höhere Werte, als in Afrika beobachtet wurden, erhalten hat, mitunter sogar höhere Werte als in Wien. Zu beachten ist dabei freilich, daß Buitenzorg auf der südlichen Hemisphäre, Ägypten und der Sudan auf der nördlichen Hemisphäre liegen und daß die beiden Halbkugeln schon wegen der Neigung der Erde zur Sonne eine andere Verteilung der Lichtintensität besitzen könnten. Die gesamten Resultate seiner Messungen lassen übrigens Wiesner auch in Buitenzorg zu dem Schlusse kommen: »Die bisher angenommene große, mit der Annäherung an den Äquator eintretende starke Steigerung der Lichtsumme trifft nicht zu, wenn die Wiener und Buitenzorger Daten verglichen werden.« Dabei fällt noch dieses auf: Die einzelnen höheren chemischen Lichtintensitäten Buitenzorgs bei gleicher Sonnenhöhe wie in Wien und namentlich in Kairo wurden nur bei geringen und mittleren Sonnenständen beobachtet, bei

---

1 Diese Sitzungsberichte, Bd. CVIII, p. 371 (1899).

2 Rayleigh (J. W. Strutt), On the light from the sky. Phil. Mag., IV, Bd. 41 (1871), p. 107 und 274.

sehr hohen Sonnenständen nicht. Und auch meine Beobachtungen zeigen, daß sich die Herabsetzung der Lichtintensität im Verhältnis zur Sonnenhöhe bei höheren Sonnenständen viel mehr äußert.

Auch das ließe sich in Ägypten und im Sudan zum Teil wieder durch in der Atmosphäre suspendierte Staubteile erklären. Bei höherem Stande der Sonne, wenn die aufsteigende Luftbewegung lebhafter wird, könnten diese eine Trübung der Luft hervorrufen. In Buitenzorg könnte wieder die bei höherem Sonnenstande eintretende teilweise Kondensation des Wasserdampfes zur Erklärung herbeigezogen werden. Aber die Vorgänge, durch welche die Durchsichtigkeit der Atmosphäre und folglich die Lichtintensität beeinflußt werden, sind zu mannigfaltiger Natur, als daß sich irgendwelche Erscheinung so leicht auf eine einzige Ursache zurückführen ließe. Nach Russel[1] sind solche Ursachen: Trockenheit der Luft in den unteren Schichten, geringe Wärmestrahlung des Bodens, stetige und homogene Luftströmungen bis zu großen Höhen, Gleichförmigkeit der Temperaturdifferenz zwischen Land und See, wenig Staub. Die größte Durchsichtigkeit tritt oft dann ein, wenn der Wind von Süd oder von Südwest nach West und Nordwest geht, während die Luft kälter wird. Die Durchsichtigkeit steigt dabei, auch wenn kein Regen gefallen ist, von 40 bis 50 *km* auf 130 bis 160 *km*. Und Hann[2] weist auf die bisher nicht genügend gewürdigte große Rolle hin, welche die »optische« Trübung der Luft bei der Durchsichtigkeit spielt. Diese hat ihren Sitz in der reinen Luft selbst, meteorologische Vorgänge machen sie zu einem optisch nicht homogenen Medium. »Die Veranlassung zu einem derartigen Zustand der Luft, durch welchen sie optisch heterogen und gleichsam ein trübes Medium wird, kann eine mehrfache sein. Gewöhnlich wird dieser Zustand durch den täglichen Erwärmungsvorgang bedingt. An heiteren, ruhigen, sonnigen Tagen, wo sich der Boden stark erwärmen kann, besteht die ganze Luftmasse

[1] Zitiert in: Hann, Lehrbuch der Meteorologie, II. Auflage, Leipzig 1906, p. 16.

[2] A. a. O., p. 15.

zwischen dem Beobachter und einem entfernten Gegenstand aus einem Gemenge von unzähligen wärmeren und kälteren Luftsäulchen oder auch »Lufttröpfchen«, welche die Luft optisch heterogen machen. Dieser Zustand macht sich nachmittags bei ruhiger Luft am stärksten bemerklich und im Sommer viel mehr als im Winter. In den frühen Morgenstunden ist er am wenigsten vorhanden oder fehlt ganz, weil dann die aufsteigenden warmen Luftsäulchen oder Lufttröpfchen fehlen.«

Auch das zeigt eine weitere Möglichkeit, noch dazu eine, die mit einer Verminderung der Intensität gerade zur Zeit der höchsten Sonnenstände verbunden wäre. Weil aber so vielen Möglichkeiten nur wenig exakte Beobachtungen gegenüberstehen, läßt sich der Anteil eines jeden Faktors an dem Zustandekommen der Lichtintensität eines Ortes heute kaum genau begrenzen. Anhaltspunkte dafür erhält man vielleicht am ehesten, wenn man die Erscheinungen in Gebieten vergleicht, die unter gewissen ähnlichen Verhältnissen stehen und doch wieder in mancher Hinsicht andere Bedingungen besitzen. Ägypten und der Sudan liegen beispielsweise inmitten von Wüsten, welche die Atmosphäre reichlich mit festen Teilen erfüllen. Die geringe Regenmenge Kairos läßt es begreiflich erscheinen, daß die Luft von den suspendierten Teilen nicht ganz befreit und die Lichtintensität dadurch herabgesetzt wird. Das weitere Fallen der relativen Lichtintensität im Verhältnis zur Sonnenhöhe bis Luxor kann damit ebenfalls in Zusammenhang gebracht werden, weil es in Luxor gar nicht mehr regnet. Aber nun gibt es bei Assuan keine Abnahme der Regenhäufigkeit mehr und doch fällt die relative Lichtintensität noch weiter und sie zeigt keine Tendenz zum Steigen, sondern fällt noch mehr, wenn man sich dem Äquator nähert, obwohl die Regenhäufigkeit dort wieder zunimmt. Um den Verlauf der Intensitätskurve anschaulicher zu gestalten, lasse ich hier die Lichtsummen der Tagesbeobachtungen folgen. Sie wurden nach der einfachen Integrationsmethode ermittelt, die Roscoe angegeben und auch Wiesner und Schwab benützt haben. Man bestimmt die Fläche, welche durch die Intensitätskurve und durch die Abszissenachse gebildet wird. Vergleicht man diese Fläche mit einer Rechteckfläche, die, im gleichen Maße

konstruiert, von einer Grundlinie = 24 und der Höhe = der Intensität 1 gebildet ist, und setzt man diese Rechteckfläche = 1000, so drückt der resultierende Bruchteil von 1000 die Lichtsumme aus.

Die Lichtsumme wurde hier nur aus den Intensitätswerten von 10 bis 2^h berechnet. Das geschah deshalb, um den großen Einfluß zu paralysieren, den die Tageslänge auf die Lichtsumme ausübt. Denn die in der tropischen Zone nahezu konstante Tageslänge ist bedeutend kürzer als die Tageslänge unserer Sommermonate, deren Lichtsummen hier wegen der höheren Sonnenstände der tropischen Wintermonate in Vergleich zu ziehen sind. Es wäre auch richtiger gewesen, statt der mittäglichen Sonnenhöhe die mittlere Sonnenhöhe der Beobachtungszeit von 10 bis 2^h zum Vergleich heranzuziehen, da sich die Sonnenhöhe in unseren Breiten um die Mittagsstunde weniger ändert als an Orten näher beim Äquator. Da Schwab, mit dessen Messungen diese hier verglichen werden, jedoch die Mittagshöhen gewählt hat, mußte auch hier derselbe Vorgang eingehalten werden. Die Korrektur würde für die Beobachtungsorte zwischen Wien und Khartum übrigens nur 1 bis 2° ausmachen, daher die erhaltenen Resultate nicht wesentlich beeinflussen.

	Sonnenhöhe 12^h	Lichtsumme 12 bis 2^h	
Kairo.			
29. Februar 1908 . . .	51° 49′	104	$\varphi = 30°\ 2'\ 1''$ N
1. März » . . .	52 12	107·1	
2. » » . . .	52 35	106·8	
3. » » . . .	52 58	106·8	
Luxor.			
25. Februar 1908 . . .	54° 39′	112·27	$\varphi = 25°\ 41'\ 31''$ N
26. » » . . .	55 1	108·44	
27. » » . . .	55 24	112·92	
Assuan.			
22. Februar 1908 . . .	55° 8′	109·56	$\varphi = 24°\ 5'\ 23''$ N
23. » » . . .	55 30	108·44	
Khartum.			
15. Februar 1908 . . .	61° 7′	128·77	$\varphi = 15°\ 38'$ N
16. » » . . .	61 27	129·79	

Dagegen erhielt Schwab in Kremsmünster ($\varphi = 48° 3' 23''1$ N) bei Sonnenschein für die Zeit von 10 bis 2^h folgende Tagessummen im Mittel seiner Beobachtungen:

	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Lichtsummen:	35	50	82	130	170	207	206	176	129	71	39	30
Sonnenhöhe 12^h:	21°	29°	40°	51°	61°	65°	63°	56°	45°	33°	24°	19°

Der Vergleich der Kurve, welche die durchschnittlichen Lichtsummen unter Berücksichtigung der durchschnittlichen mittäglichen Sonnenhöhe in Kremsmünster bilden, mit den Lichtsummen, die bei gleicher Sonnenhöhe für Kairo, Assuan und Khartum ermittelt wurden, zeigt darnach dieses Bild:

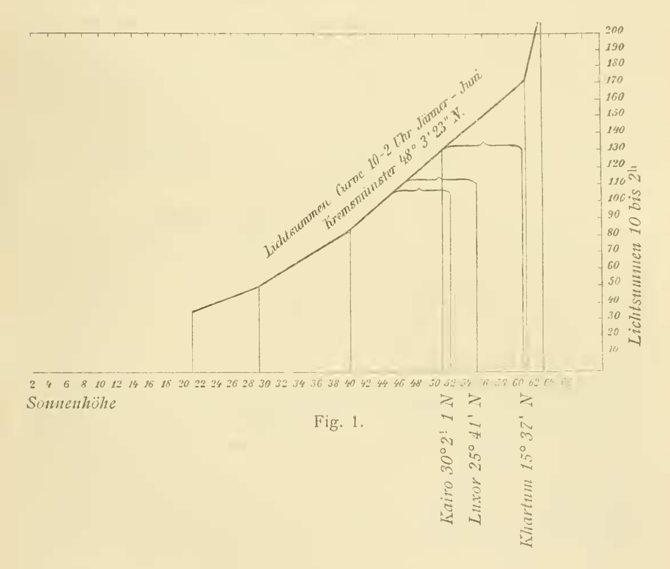


Fig. 1.

Man sieht, wie sich die relative chemische Lichtintensität im Verhältnis zur Sonnenhöhe bei unbedeckter Sonnenscheibe und bei ganz oder beinahe ganz wolkenlosem Himmel mit fast gesetzmäßiger Regelmäßigkeit entsprechend der Annäherung an den Äquator stetig verringert, mit anderen Worten ausgedrückt: der gleichen Sonnenhöhe

entsprechen immer geringere Intensitätswerte. Angesichts dieser Tatsache ist wohl die Meinung nicht unberechtigt, daß der Faktor »suspendierte feste Teile in der Luft« nicht allein ausschlaggebend für diesen Verlauf der Lichtintensität sein kann und daß die regelmäßige Abnahme der relativen Intensität auf der nördlichen Halbkugel gegen den Äquator zu auch durch die übrigen aufgezählten Faktoren nicht ganz erklärt wird. Die Ursache hierfür zu finden, möge Berufeneren überlassen bleiben. Wenn es gestattet ist, Vermutungen Ausdruck zu geben, so läge die am nächsten, daß man es hier mit einer Dämpfung des Lichtes durch die Verstärkung der Atmosphärenhülle der Erde um den Äquator zu tun haben könnte. Die Umdrehung der Erde, die zur Abplattung unseres Planeten geführt hat, macht es selbstverständlich, daß auch dessen gasförmige Hülle entsprechend den Schwerkraft- und Zentrifugalverhältnissen am Äquator eine weit größere Ausdehnung besitzen muß. Die Lufthülle muß an den Polen am geringsten sein und gegen den Äquator zu stetig zunehmen und im selben Maße die Intensität der Sonnenstrahlung herabsetzen.

Ich unternehme es, diese Vermutung zu äußern, die auch Hofrat Prof. Wiesner aus den vorgelegten Beobachtungen in gleicher Weise als ich schöpfte, weil eine theoretische Ermittlung, auf die Herr Hofrat Hann mich zu verweisen die Güte hatte, sich mit diesem Erklärungsversuch in Einklang bringen läßt. Es hat nämlich M. v. Smoluchowski aus Zentrifugalkraft und Fliehkraft den Äquatorialradius der Atmosphäre zu 42.000 *km*, den Polarradius zu 28.000 *km* berechnet.[1] Dieselbe Annahme könnte es nach den freundlichen Ausführungen, die ich Herrn Dr. Wilhelm Schmidt von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien verdanke, auch erklären, warum die Messungen in Buitenzorg, schon von anderen Ursachen abgesehen, höhere Werte ergeben mußten als die in Kairo und Khartum. Während des nördlichen Winters angestellt, hatte der Buitenzorg treffende Sonnenstrahl ungeachtet der geringeren geographischen Breite des Beobachtungsortes eine kleinere Atmosphärendicke zu durchmessen

[1] Physik. Zeitschrift, II. Jahrg., p. 307.

als der Sonnenstrahl, der zur gleichen Zeit Kairo oder Khartum trifft und gerade den Äquatorwulst der Atmosphäre durchschneidet. Die beifolgende schematische Zeichnung ($B =$ Buitenzorg, $K =$ Khartum, $C =$ Kairo) wird das anschaulicher erklären. Es wurde dabei nur die der Erdoberfläche zunächst liegende dichtere Atmosphärenschichte dargestellt, da es auch bei der Absorption der chemischen Strahlen hauptsächlich auf jene ankommt. Als Beweis dafür kann die Beobachtung gelten, daß mit zunehmender Erhebung über den Meeresspiegel die relative Intensität der chemischen Lichtstrahlen rasch zunimmt.[1]

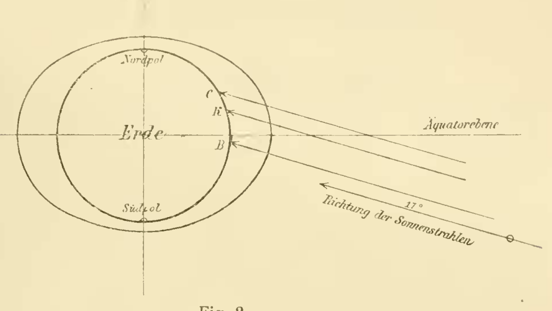


Fig. 2.

Es wäre um so interessanter, diese Frage durch Beschaffung weiteren empirischen Lichtmessungsmaterials zu klären, als die Beobachtung des Sonnenlichtes schon öfter zur Bestimmung der Höhe der Erdatmosphäre herangezogen wurde. Der erste Versuch, diese durch die Beobachtung des Verschwindens des direkten von der Atmosphäre reflektierten Sonnenlichtes unter dem Horizont nach Sonnenuntergang zu

---

[1] Wiesner, Beiträge zur Kenntnis des photochem. Klimas des Yellowstonegebietes und einiger anderer Gegenden Nordamerikas. Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. LXXX (1906). Ferner E. Rübel, Untersuchungen über das photochem. Klima des Berninahospizes. Separatabdruck aus der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrg. 53 (1908).

ermitteln, soll bekanntlich schon im zwölften Jahrhundert durch den arabischen Astronomen Alhazen angestellt worden sein.

Am Schlusse dieser Mitteilung möchte ich dankend der Unterstützung gedenken, die mir durch Herrn Hofrat Weiß, Direktor der k. k. Universitätssternwarte in Wien, und meinen hochverehrten Lehrer, Hofrat Prof. Wiesner, zuteil wurde. Jener hatte die Güte, die umfänglichen Berechnungen der Sonnenhöhen durchführen zu lassen, dieser meine Arbeit durch seinen wertvollen Rat zu fördern.